Aus dem Arbeitsphysiologischen Institut der Universität Breslau
Direktor: Professor Dr. A. Basler

Über die Art der Wahrnehmung eines künstlich verkehrt gemachten Gesichtsfeldes.

Inaugural-Dissertation

zur
Erlangung des Doktorgrades in der Medizin,
bei der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Schlesischen Friedrich-Wilhelm-Universität
zu Breslau

vorgelegt von

Udo Krüger

Breslau 1939

Buchdruckerei und Verlag Eugen Jakubik, Breslau 10, Wörtherstraße 6

Gedruckt mit Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Breslau

1. Referent: Prof. Dr. Basler
2. Referent: Prof Dr. Dieter
Dekan: Prof. Dr. Gutzeit

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern!

Seit drei Jahrhunderten zerbrechen sich Philosophen und Physiologen den Kopf darüber, wie es kommt, daß das umgekehrte Bild im Augenhintergrunde aufrecht gesehen wird. An dieser Kontroverse haben sich Kepler, Scheiner, Johannes Müller, Volkmann, Lotze, v. Helmholtz und viele andere beteiligt. Ob und wieweit diese eingehenden Erörterungen angebracht sind, darüber soll am Schluß der Arbeit etwas gesagt werden. Jedenfalls schließt sich aber an den ganzen Fragenkomplex ein anderer an, der sich etwa wie folgt formulieren läßt: Wenn durch eine Laune der Natur einmal ein Mensch geboren würde, bei dem die Augen durch solche ersetzt wären, die nach dem Prinzip eines terrestrischen Fernrohrs gebaut sind, müßte bei einem so beschaffenen Menschen auch das ganze „innere Auge“[1]) anatomisch umgebaut sein, damit er richtig sieht?

Problemstellung.

Um die zuletzt genannte Frage zu entscheiden, hat mich Herr Professor Basler veranlaßt, zu untersuchen, ob man sich an verkehrtes Sehen so gut gewöhnen kann, daß man sich im Raume wieder zurecht findet.

Methodik.

Da es nicht möglich ist, einem Menschen andere Augen einzusetzen, mußte das in das Auge gelangende Strahlenbündel, ehe es die vordere Hornhautfläche erreicht, erst verkehrt gemacht werden. Dazu bediente ich mich einer nach den Angaben von Herrn Professor Basler von mir selbst gebauten Brille.

Bei der Konstruktion einer solchen Brille mußte von der Verwendung von Linsensystemen von vornherein abgesehen werden, 2) weil diese unter den gegebenen Bedingungen eine

[1]) nach E. Hering, Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn, Jul. Springer, Berlin, 1920, S. 1.

[2]) Über die Verwendung eines solchen durch Stratton siehe unten Seite 17.

starke Verkleinerung des Gesichtsfeldes zur Folge gehabt hätten. Es kam also nur die Umkehrung mittels Reflexion in Frage. Eine Kombination von Prismen wäre zu schwer geworden, und so blieb kein anderer Weg übrig, als Spiegel zu verwenden.

Auf Grund theoretischer Erwägungen und nach einer Menge von Vorversuchen am Modell ergab sich als am zweckmäßigsten eine Kombination, wie sie in Abbildung 1 für ein Auge dargestellt ist. a bedeutet das „reduzierte Auge", in welchem h die Hornhaut, i die Iris mit einem Pupillendurchmesser von 4 mm und k der Knotenpunkt ist. Die Spiegel sind mit I, II und III bezeichnet, die Schraffierung soll die spiegelnde Fläche der Spiegel kennzeichnen; ihre Rückseite und das Brillengestell sind schwarz

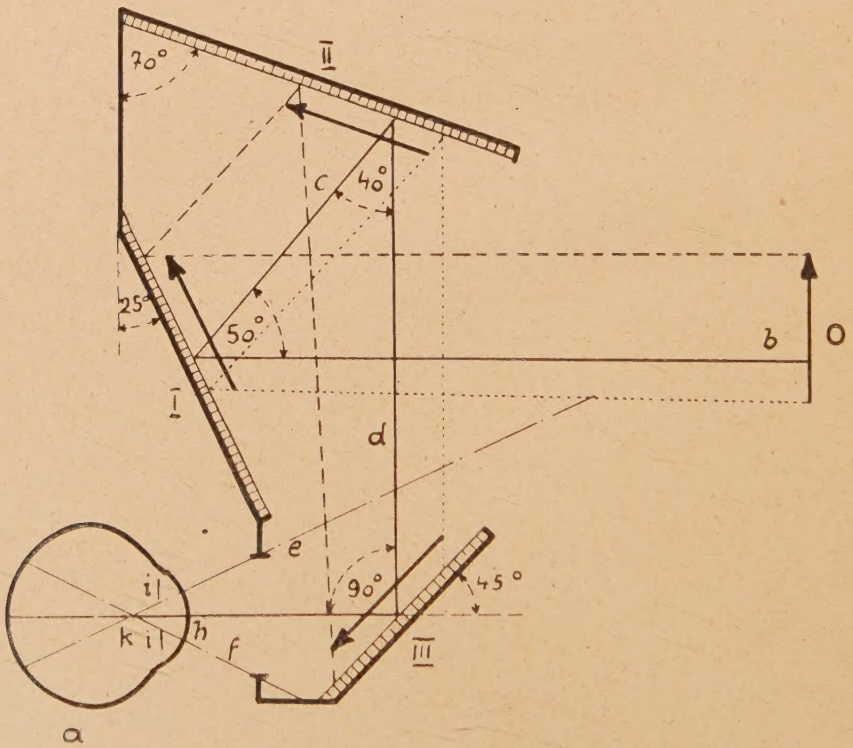

Abb. 1 Medianschnitt durch Auge und Brille.

ausgezogen. Der Strahlengang ist nun der folgende: Die Strahlen b, die von einem entfernten Objekt o kommen, fallen zunächst auf Spiegel I, von dort werden sie (c) nach den bekannten Gesetzen

der Reflexion auf Spiegel II reflektiert. Um es zur Anschauung zu bringen, warum das zweite Spiegelbild umgelegt wird, habe ich für drei von dem Pfeil o ausgehende Strahlenbündel den Hauptstrahl eingezeichnet. Der oberste ist gestrichelt, der mittlere voll und der untere punktiert dargestellt. Die nun wieder vom Spiegel II auf Spiegel III reflektierten Strahlen (d) stellen den Pfeil auf den Kopf, d. h. er erscheint dem auf Spiegel III blickenden Auge umgekehrt. Die infolge des Strahlenganges in der Brille auftretende minimale Verkleinerung des Bildes ist so gering, daß sie garnicht bewußt wird.

Ein Nachteil der Brille ist leider nicht zu vermeiden: das eingeschränkte Gesichtsfeld. Der Grund hierfür ist aus der Zeichnung ersichtlich. Ich habe vom Knotenpunkt k aus durch die Ränder der Pupille je eine Linie gezogen (e und f); (Die in Wirklichkeit noch hinzutretende Brechung der Strahlen durch die Hornhaut wurde in der Zeichnung nicht berücksichtigt) der von diesen beiden Linien eingeschlossene Winkel entspricht dem Sehfeld für das unbewaffnete Auge. Dieser Winkel wird aber nur zum Teil von dem Spiegel III ausgefüllt. Wenn man diesen Gesichtsfeldverlust vermeiden will, dann müßte man entweder die Spiegelgröße dem Verlauf von Strahl e anpassen oder den Spiegel III und mit ihm das ganze Spiegelsystem noch näher an das Auge heranrücken. Beide Verbesserungen sind jedoch praktisch undurchführbar. Denn im ersten Falle müßte man gewaltige Spiegel mit sich herumtragen, im zweiten Falle setzt die Augenhöhle und die Stirn ein gebieterisches Halt entgegen. So habe ich mich denn der obenstehenden Zeichnung entsprechend bemüht, die die vorhandenen Umstände berücksichtigende günstigste Lösung zu finden. Die einzelnen Spiegel überdecken sich nicht, Spiegel III wirkt gleichzeitig noch als Blende gegen das aufrechte Bild. Da die fehlenden Sehfeldteile doch nur in der Peripherie liegen, ist die durch die Brille bedingte Einschränkung des Gesichtsfeldes nicht allzu tragisch aufzufassen.

Immerhin hätten die neben der Brille in das Auge tretenden Strahlen doch das Bild verwirren können. Um deshalb jegliche Orientierung nach dem unmittelbar Gesehenen unmöglich zu machen, schirmte ich die Brille mit schwarzer Pappe seitlich und unten ab, so daß die Augen nur das umgekehrte Bild auf Spiegel III sehen können.

Gehalten wird die Brille durch ein an beiden Seiten des Gestelles angebrachtes Band, welches am Hinterkopf zusammengebunden wird. Die Brille sitzt dadurch unverrückbar fest und kippt nicht.

Und nun noch einige technische Bemerkungen, die den Bau der Brille betreffen. Die Materialfrage spielte unter dem Gesichtspunkt der möglichsten Gewichtsersparnis eine große Rolle. Das

leichte Aluminiumblech war jedoch nicht zu verwenden, weil man es nicht löten kann. So wurde denn das Brillengestell aus 6/10 mm starken Weißblech genau den Winkeln entsprechend gebogen, und zwar für jedes Auge ein eigenes Gestell. Durch eine Riegelkonstruktion konnten die beiden Brillengestelle aneinander geschoben werden. Dies hat den Vorteil, daß man durch einfaches Auseinandernehmen der beiden Brillenhälften die Spiegel besser reinigen kann.

Sehr wichtig für das Tragen ist ein gut passender Sitz der immerhin 149,5 g schweren Brille. Eine gewöhnliche Hornbrille wiegt nur 24,5 g. Es wurde deshalb mit Dr. P o l l e r s Negocoll eine Negativabformung meiner Nase hergestellt. Diese Negativform goß ich mit Hominit-Positivmasse aus. An Hand der so erhaltenen Nase konnte der Brillenbogen genau gearbeitet werden. Außerdem wurde der ganze Nasenbogen des Brillengestells mit Heftpflaster abgepolstert.

Beim Gebrauch der Brille ist streng darauf zu achten, daß die Winkel durch unsanfte Behandlung nicht im geringsten verändert werden. Denn sonst erhält man Doppelbilder. Untenstehende Abbildung 2 zeigt die Brille beim Tragen.

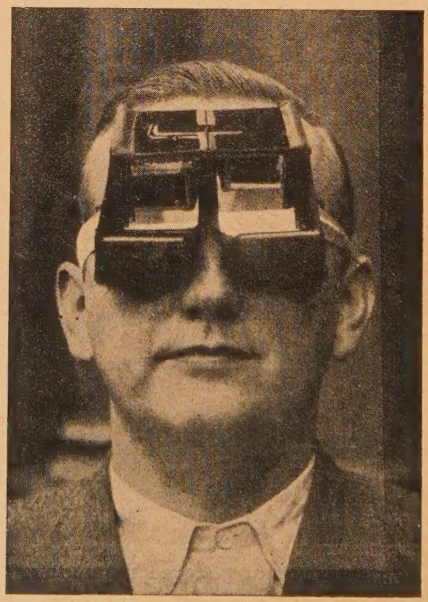

Abbildung 2.

Ausführung der Versuche.

Nachfolgende Versuche mit dieser Brille erstreckten sich über einen Zeitraum von vier Wochen. Die Brille wurde im Anfang täglich etwa ein bis zwei Stunden getragen; allmählich dehnte ich aber diese Zeit immer mehr aus, sodaß ich am Schluß der Versuche die Brille fünf bis sechs Stunden lang aufhaben konnte, ohne die geringsten Ermüdungserscheinungen festzustellen. Da, wie schon oben beschrieben, das Brillengestell genau meiner Nase angepaßt war, hinterließ die Brille trotz ihrer Schwere keine Druckstellen auf der Haut. Tage mit Sonnenschein eigneten sich für die Versuche und Beobachtungen am besten, trübe Tage strengten die Augen bedeutend mehr an, zumal die dreifache Spiegelung, die zur Umkehrung des Bildes erforderlich ist, eine erhebliche Menge Licht verschluckt. Der einzige Nachteil der Brille, das verhältnismäßig kleine Gesichtsfeld, machte sich nur bei der Bewegung im Raume störend bemerkbar.

Das Sehen mit der Brille ohne vorausgehende Übung.

Betrachtet man zum ersten Male eine Landschaft im umgekehrten Bilde, so erscheinen die einzelnen Objekte nicht als in einem weiten Raum verteilt, sondern die Landschaft hat das Aussehen eines ebenen, senkrecht zur Sehrichtung stehenden Bildes. Somit ist auch eine Schätzung der Entfernung nicht möglich, da ja für irgendwelche Tiefenbeziehungen ein Anhaltspunkt nicht zu finden ist. Hier handelt es sich offenbar um die Schwierigkeit, die uns ungewohnte verkehrte Perspektive eines jeden einzelnen Auges in Beziehung zu bringen zu dem binokularen Sehen. Um diese Tatsache im Einzelnen zu erörtern, müßte das ganze Horopterproblem 1) aufgerollt werden, was zweifellos zu weit führen dürfte.

Nicht einmal die Luftperspektive läßt sich für das Erkennen verwerten, denn die Landschaft erinnert an ein schlecht gemaltes Gemälde, das infolge Vernachlässigung der Farbenabtönung und des Schattens keine Raumvorstellung vermittelt. Einen ganz eigentümlichen Eindruck machen die Farben der Landschaft, die einen auffallenden Glanz besitzen. Nach v. Helmholtz 2) kommt der stereoskopische Glanz dadurch zustande, daß entsprechende Netzhautpunkte nicht gleich hell beleuchtet werden. Solche Differenzen der Belichtung treten nun an anderen Stellen hervor, als wir sie auf Grund unserer bisherigen Erfahrungen erwartet hatten. Und so entsteht die Empfindung „glänzend", beispielsweise einmal bei

---

[1]) Vergl. E. Hering, Zur Lehre vom Ortssinn der Netzhaut, 1861, in Beiträge zur Physiologie.

[2]) H. v. Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik, Auflage 3, Band 3, 1910, S. 417.

einer Wiese, die wir früher nie in so strahlender Farbe sahen. Sie erscheint greller als wir sie im aufrechten Bilde zu sehen gewohnt sind. Jede Farbe ist deutlich von der anderen Farbe abgegrenzt, verwischte Übergangsfarben, wie z. B. der graue Dunst am Horizont, werden übersehen.

Andere Personen, die sich ebenfalls die Brille aufsetzten und nun zum ersten Male eine Landschaft im umgekehrten Bilde sahen, machten unabhängig von mir dieselben Feststellungen. Ich werde unten auf Seite 16 noch einmal auf diese eigenartigen Erscheinungen zu sprechen kommen.

Im höchsten Maße überraschend wirkt die Betrachtung gehender Menschen im umgekehrten Bilde. An ihnen lassen sich viel deutlicher als beim normalen (aufrechten) Sehen Schwankungen in zwei Richtungen, vertikale und seitliche, erkennen. Die Körperbewegungen nach oben und unten erscheinen bedeutend größer als die nach beiden Seiten. Ganz besonders auffallend ist die im umgekehrten Bild gesehene Bewegung der Beine. Diese machen den Eindruck, als würden sie bei jedem Schritt mit großer Vehemenz in die Höhe geschleudert, beinahe so, wie wenn sie gar nicht zu dem gehenden Individuum gehörten, sondern mit elastischen Gummibinden angebundene Prothesen wären. Die Beinbewegungen erinnern auch an diejenigen von mechanisch beweglichen Marionetten. Dadurch erscheint dem Betrachter der Gang des Menschen im umgekehrten Bilde wiegend, hüpfend und tanzend.

Mit unbewaffneten Augen sehen wir diese Erscheinungen nicht, weil wir einen gewohnten Anblick, wie es der Gang von Menschen ist, nicht weiter beachten. Im umgekehrten Bilde ist uns der Gang eines Menschen etwas völlig Neues, wir studieren ihn daher genau. Irgendwelche Erfahrungen, die uns die Feinheiten des Ganges nicht der Beobachtung wert erscheinen lassen, stehen uns ja noch nicht zur Verfügung.

Auch die in Zeitlupe gesehenen menschlichen Bewegungen sind uns etwas Ungewohntes, weil wir sie in diesem Tempo im täglichen Leben nie sehen. Damit hängt es zusammen, daß die mit der Umkehrbrille gesehenen Menschen in ihren Bewegungen vielfach an Zeitlupenbetrachtungen erinnern. In diese Richtung fallende Beobachtungen hat übrigens auch v. Helmholtz 1) gemacht.

Auch an Tieren kann man ähnliches beobachten. Ein trabendes Pferd, durch meine Brille gesehen, zeigt wie die gehenden Menschen geringe seitliche Bewegungen, dafür aber ganz erhebliche Schwankungen in vertikaler Richtung. Der Rücken des Pferdes erscheint als eine bewegte Zweigipfelkurve, die mit ziemlich großen Abständen nach oben und unten ausschlägt, und zwar

[1]) H. v. Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik, Auflage 3, 1910, Band 3, S. 10.

in ihrer ganzen Länge parallel mit sich selbst verschoben. Das gesamte Muskelspiel der Vorder- und Hinterhand fügt sich harmonisch in den Verlauf der oben angegebenen Linie ein.

Im Gegensatz zum Pferd und zum Menschen zeigt der im umgekehrten Bilde gesehene Hund nur ganz geringe vertikale Schwankungen. Der Rücken des Hundes steht in vertikaler Richtung fast still. Dagegen sieht man erhebliche, schlangenartige seitliche Schwankungen.

Schwierig wird die Bewegung des eigenen Körpers im Raume. Das vollständige Ausschalten des Gesichtssinnes, wobei man ausschließlich auf das Tastgefühl angewiesen ist, wirkt nicht so störend, wie das verkehrte Sehen, das eine große Verwirrung in den Empfindungen hervorruft. Damit dürfte es auch zusammenhängen, daß sich bei den ersten Gehversuchen mit der Brille ein geringes Schwindelgefühl bemerkbar machte, das sich allerdings nach einer kurzen Zeit bald verlor. Ich fürchtete mich, geradezu fest auf den Boden aufzutreten, der gewissermaßen an der Decke hing.

Das Lesen einer Druckschrift im umgekehrten Bilde — selbst der doch deutlich markierten lateinischen — schien zunächst unmöglich zu sein. Mit großer Mühe konnte ich schließlich eine ganz groß gedruckte Überschrift enträtseln, wobei mir auch noch einige Fehler unterliefen. Im kleinen Druck des Textes bereiteten die längeren Wörter die meisten, ja fast unüberwindliche Schwierigkeiten. Eine starke Ermüdung der Augen machte sich schon nach einhalbstündigen Leseversuchen bemerkbar, sodaß ich die Brille absetzen mußte.

Die Gewöhnung an das Verkehrtsehen.

Diese ungeheure Hilflosigkeit gegenüber der Außenwelt, die durch verschiedene sogleich zu erwähnende Beobachtungen noch klarer gezeigt wird, sollte nunmehr entsprechend meinem Versuchsplan durch systematische Übungen beseitigt oder doch wenigstens verringert werden.

Bei der Darstellung der allmählichen Gewöhnung an das Verkehrtsehen will ich mit der zuletzt geschilderten Tätigkeit, dem **Lesen** beginnen.

Nach verhältnismäßig kurzer Übung ging alles schon viel besser. Am zweiten Tag meiner Versuche brauchte ich zum Lesen einer Seite lateinischer Druckschrift die Zeit von 60 Minuten. Das Zeilenfinden machte zunächst große Schwierigkeiten, da man nicht von oben nach unten, sondern von unten nach oben lesen muß. Ich war daher gezwungen, mit dem Finger auf jedes einzelne Wort

zu zeigen. Auch konnte ich bei diesen ersten Leseversuchen nicht den Sinn des Gelesenen erfassen. Eine Ermüdung trat nach einer Seite gelesenen Textes nicht ein.

Am nächsten Tage nahm das Lesen einer Seite lateinischer Druckschrift nur noch die halbe Zeit in Anspruch. Auch das Lesen längerer Wörter ging besser.

Am vierten Tage las ich eine Seite lateinische Druckschrift schon in 15 Minuten. Eine Ermüdung der Augen verspürte ich nicht.

6. Tag: Eine Seite lateinische Druckschrift lesen erfordert nur noch 11 Minuten Zeit. Der Finger braucht zum Zeilen- und Wörterzeigen nicht mehr zu Hilfe genommen zu werden. Ich beginne jetzt, den Sinn des Gelesenen auch zu erfassen. Die einzelnen Buchstaben werden nun nicht etwa bewußt umgekehrt, nein, ich lese die Buchstaben so, als wenn ich immer nur umgekehrte Schrift gesehen hätte. Nach dem Lesen von drei Seiten macht sich jedoch eine gewisse Ermüdung und Verlangsamung der Auffassungsgabe bemerkbar.

8. Tag: Eine Seite lateinische Druckschrift lesen nimmt 8 Minuten in Anspruch. Auch die im Text vorkommenden Zahlen werden richtig gelesen. Das Gelesene wird auch verstanden. Fünf Seiten lassen sich ohne Ermüdung lesen.

11. Tag: In fünf Minuten wird heute eine Seite lateinische Druckschrift gelesen. Auch nach Lesen von zehn Seiten macht sich eine Ermüdung der Augen nicht bemerkbar.

12. Tag: Eine Seite lateinische Druckschrift lesen dauert heute nur $4^1/_2$ Minuten. Dabei wird das Gelesene auch völlig begriffen. Lese ich dieselbe Seite ohne die Brille, so benötige ich eine Zeit von $3^1/_2$ Minuten.

Nach einer nur kurzen Übungszeit von 12 Tagen, in der täglich etwa 3—4 Seiten lateinische Druckschrift gelesen wurden, war es demnach möglich, eine mit lateinischer Druckschrift bedruckte Seite in annähernd derselben Zeit zu lesen und zu verstehen, in der wir sie tagtäglich im aufrechten Bilde zu lesen gewohnt sind. Auch die bedeutend schwerer zu lesende deutsche Druckschrift konnte ich jetzt ohne Mühe lesen. Irgendwelche Ermüdungserscheinungen von seiten der Augen, auch bei längerem Lesen, habe ich nicht mehr beobachtet.

Durch Übung und mit Hilfe der aus dieser Übung erworbenen Erfahrung ist es also gelungen, in verhältnismäßig kurzer Zeit Druckschrift im umgekehrten Bilde lesen zu lernen, wobei, wie schon oben gesagt, die einzelnen Buchstaben so gelesen werden, als hätte man sie immer nur im umgekehrten Bilde gesehen.

Deuteversuche.

Es werden eine Reihe von Zahlen neben und untereinander auf eine schwarze Wandtafel mit weißer Kreide geschrieben. Auf Aufforderung soll ich nun eine bestimmte, von einer anderen Person gezeigte Zahl lesen und mit dem Finger genau darauf zeigen. Es stellt sich nun heraus, daß ich anfangs sehr unsicher bin und mit dem Finger in die Umgebung der Zahl zeige, um mich dann erst langsam mit dem Finger an die betreffende Zahl heranzutasten. Diese zuerst in Erscheinung tretende „Ataxie“ wird aber nach zweitägiger Übung bald überwunden, sodaß ich mit großer Sicherheit die jeweils zum Zeigen aufgeforderten Zahlen zeigen und lesen kann. Dabei ist zu beobachten, daß mit den Fingern der rechten Hand diese Fähigkeit eher erreicht wird als mit den Fingern der linken Hand. (Verfasser ist Rechtshänder!)

3	5	10
7	4	
8	6	9
2	1	12
8	4	

Auch dieser Versuch bringt die überraschend schnelle Gewöhnung des Auges an das umgekehrte Bild gut zum Ausdruck.

Das Zeichnen.

Der Einfachheit wegen wurde zu diesen Versuchen eine schwarze Wandtafel und Kreide benutzt.

Die erste mehr vorbereitende Übung bestand darin, eine Anzahl von Punkten, die in regelloser Anordnung mit Kreide auf eine schwarze Wandtafel gezeichnet waren, durch Kreidestriche miteinander zu verbinden. Dabei zeigte es sich, daß sich die zufällig in gleicher Höhe nebeneinanderliegenden und ebenso die senkrecht untereinanderliegenden Punkte verhältnismäßig leicht mit einem geraden Kreidestrich verbinden lassen. Die Verbindung zweier Punkte, die in schräger Richtung zueinander liegen, ist jedoch zunächst fast unmöglich. Ich zeichne vollkommen krumme Linien, da ich die Richtung, in der die betreffenden Punkte zueinander liegen, nicht abschätzen kann. Es fehlt der Raumsinn, und deswegen bin ich geradezu hilflos. Nebenstehende Abbildung 3 zeigt dies deutlich. Erst wenn ich den Tastsinn zu Hilfe nehme, und, ehe ich die verbindende Linie zu zeichnen versuche, auf beide zu verbindenden Punkte mit der Kreide mehrmals zeige, gelingt es, mir einigermaßen über die Richtung der zu ziehenden Linie klar zu werden und die Verbindung herzustellen. Nach mehrmaliger Wiederholung geht dies besser.

Abb. 3.

Schon nach 5tägiger Übung war es mir möglich, alle Punkte, auch die schräg zueinanderliegenden, mit einer geraden Linie zu verbinden. (Siehe Abbildung 4 im nächsten Abschnitt!)

Das vorherige Deuten auf die einzelnen Punkte erübrigte sich jetzt, ich konnte also nun den Tastsinn entbehren. In sehr kurzer Zeit hatte ich gelernt, mich auf der Fläche des umgekehrten Bildes zurechtzufinden. Die folgenden Versuche, die den eben beschriebenen Versuch zur Grundlage haben, werden dies noch besser zeigen.

Zu dem nächsten Zeichenversuch wurde mit Absicht eine Holzplastik gewählt. Bietet sie doch Gelegenheit, sich erst einmal mit Hilfe des Tastsinnes im Raum zu orientieren. Ich verfuhr nun folgendermaßen:

Mit der Kreide in der Hand tastete ich die einzelnen Gesichtslinien der Holzplastik nacheinander ab. Z. B.: Die Kreide wird an der Glabella der Holzplastik angesetzt, von da ziehe ich mit der Kreide einen Strich den ganzen Nasenrücken entlang. Nach einiger Übung gelingt dies. Ich übte nun in dieser beschriebenen Art und Weise solange, bis ich mir über den Verlauf dieser Linie im Raum vollkommen klar war. Nachdem nun der Gesichtssinn mit Unterstützung des Tastsinnes sich diese als Beispiel gewählte Nasenlinie eingeprägt hatte, war es verhältnismäßig leicht, die Nasenlinie an die Tafel zu zeichnen. So wurde mit allen Linien der Holzplastik verfahren. Nach einer Zeichendauer von ungefähr 30 Minuten entstand ein ganz annehmbares, in den Gundzügen naturgetreues Bild auf der Wandtafel. (Siehe die Abbildung 4 im folgenden Abschnitt!) Dabei machte ich wieder die Erfahrung, daß sich horizontale und vertikale Gesichtszüge bedeutend leichter abzeichnen lassen, als runde Gesichtszüge wie z. B. die Orbita.

Das Abzeichnen von Bildern.

Nachdem ich nun durch mehrmalige Wiederholung des vorigen Versuches mir mit Hilfe des Tastsinnes eine gute Orientierung in Raum und Fläche erworben hatte, wurde in diesem

Abb. 4

Versuch ein Schritt weitergegangen. Zwei Bildvorlagen befestigte ich an der Wandtafel. Die eine stellt ein Segelschiff dar, die andere zeigt einen sitzenden Hund. Ich versuchte nun, diese Bilder abzuzeichnen. Die Tastmethode des vorhergehenden Versuches wandte ich jetzt nicht mehr an, sondern ich zeichnete frei nur mit Hilfe des Gesichtssinnes ab. Wie hervorragend dies auf Anhieb gelungen ist, zeigt die Abbildung 4.

Es wurde mir von mehreren Seiten bestätigt, daß diese Bilder von Durchschnittszeichnern im aufrechten Bilde kaum besser abgezeichnet werden dürften. Es ist dies gerade ein sehr einleuchtender Beweis, wie gut sich das Auge in verhältnismäßig kurzer Zeit infolge systematischer Übung auf das Verkehrtsehen umzustellen vermag.

Am besten zeigt dies nun folgende Feststellung, die ich nach Abschluß dieser Versuche an mir selbst machen mußte. Wollte ich jetzt ohne Brille, also im aufrechten Bilde, eine Zeichnung entwerfen, so schien dies fast unmöglich zu sein. Denn war es z. B. meine Absicht, einen nach links konkaven Bogen zu zeichnen, so malte ich diesen ganz ungewollt nach rechts konkav. Ja selbst wenn ich mit dem Bleistift an den Konturen eines Bildes entlangfuhr, glitt der Bleistift unwillkürlich von den Linien des Bildes ab, besonders bei Rundungen, und schlug den entgegengesetzten Kurs ein. So sehr hatte sich also mein Auge an das umgekehrte Bild gewöhnt.

Das Schreiben.

Nachdem nun wie beim Schulkind zuerst das Zeichnen geübt wurde, konnte das Schreiben, wohl die schwierigste Aufgabe, in Angriff genommen werden. Absichtlich wählte ich zum ersten Schreibversuch lateinische Druckschrift, weil sie am einfachsten und klarsten ist, wie es sich ja auch schon bei den Leseübungen herausgestellt hatte. Tafel und Kreide zog ich zunächst dem Federhalter vor, da letzterer eine neue Schwierigkeit bedeutet hätte, ich aber mit Tafel und Kreide durch die vorhergegangenen Zeichenübungen schon vertraut war. Bei diesem Versuch heftete ich nun ein mit großer und kleiner lateinischer Druckschrift bedrucktes Plakat an die Wandtafel. Die einzelnen Buchstaben wurden abgeschrieben oder, besser gesagt, zunächst abgemalt. Die Zeilen bekamen am Ende eine starke Neigung nach unten, ein Umstand, der wohl auf das geringe Blickfeld der Brille zurückzuführen sein dürfte. Das n wurde noch von links nach rechts verdreht, jedoch ist die Schrift bei diesem ersten Schreibversuch schon ohne weiteres lesbar. Die Schreibdauer betrug 45 Minuten, irgendeine Ermüdung der Augen trat nicht ein. (Siehe Abbildung 5!)

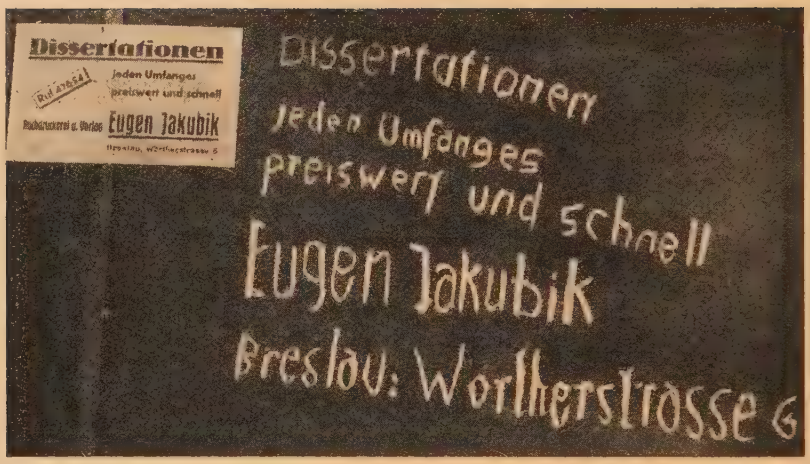

Abb. 5.

Nach zweitägiger Übung konnte ich schon ohne Schwierigkeiten die Buchstaben des Plakates auswendig an die Wandtafel schreiben. Bei ähnlich aussehenden Buchstaben, wie bei n und u, mußte der Blick zuweilen noch einmal zur Kontrolle auf das Plakat geworfen werden. Das Abschreiben erforderte jetzt 30 Minuten Zeit.

Nachdem ich nun zwei Tage lang weitergeübt hatte, wird die Schrift fehlerfrei geschrieben. Die Schreibdauer ist auf 15 Minuten reduziert worden.

Als nun die Schreibversuche mit lateinischer Druckschrift an der Wandtafel zufriedenstellend waren, ging ich dazu über, lateinische Druckschrift mit Feder und Tinte auf Papier zu schreiben. Um es gleich vorweg zu nehmen: Die richtige Federhaltung bereitete zunächst große Schwierigkeiten. Der eine oder der andere Federschenkel wurde oft verbogen, sodaß die Feder nicht mehr schrieb. Aber nach einiger Übungszeit lernte ich auch die richtige Haltung und Führung des Federhalters. Die Buchstaben erscheinen noch wacklig und zitternd, das z, s und große G wurde noch falsch geschrieben, auch ließ ich Buchstaben aus. Die Abbildung 6 zeigt dies deutlich. Im ganzen betrachtet ist die Schrift jedoch ohne weiteres zu lesen. Die Schreibdauer betrug 60 Minuten, eine Ermüdung der Augen verspürte ich nicht.

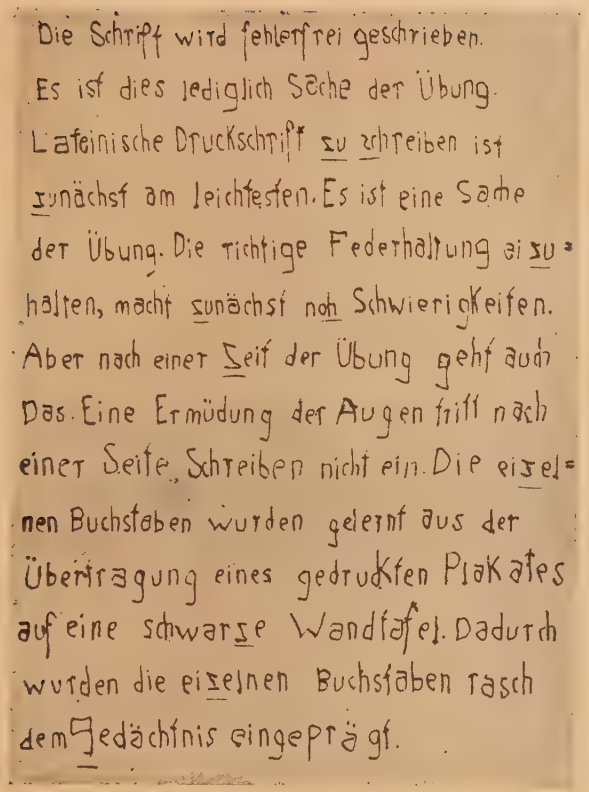
Die Schrift wird fehlerfrei geschrieben.
Es ist dies lediglich Sache der Übung.
Lateinische Druckschrift zu schreiben ist
zunächst am leichtesten. Es ist eine Sache
der Übung. Die richtige Federhaltung zu be-
halten, macht zunächst noch Schwierigkeiten.
Aber nach einer Zeit der Übung geht auch
das. Eine Ermüdung der Augen tritt nach
einer Seite Schreiben nicht ein. Die einzel-
nen Buchstaben wurden gelernt aus der
Übertragung eines gedruckten Plakates
auf eine schwarze Wandtafel. Dadurch
wurden die einzelnen Buchstaben rasch
dem Gedächtnis eingeprägt.

Abb. 6.

Nach dreitägiger Übung wurde die Schrift fehlerfrei geschrieben. Die Buchstaben der einzelnen Wörter bilden einen richtigen Zusammenhang und stehen im entsprechenden Verhältnis zueinander. S. die Abbildung 7! Die Schreibdauer war jetzt auf 20 Minuten zurückgegangen, der Federhalter gehorchte der Hand.

Der einzelne Buchstabe wurde analog den Leseübungen auch umgekehrt geschrieben; d. h. ich hatte das Empfinden, daß ich im ganzen Leben nur umgekehrte Schrift geschrieben habe. Eine Vorstellung des aufrecht geschriebenen Buchstabens mit einer damit verbundenen schnellen geistigen Umdrehung des Buchstabens vor dem Schreiben fand nicht statt.

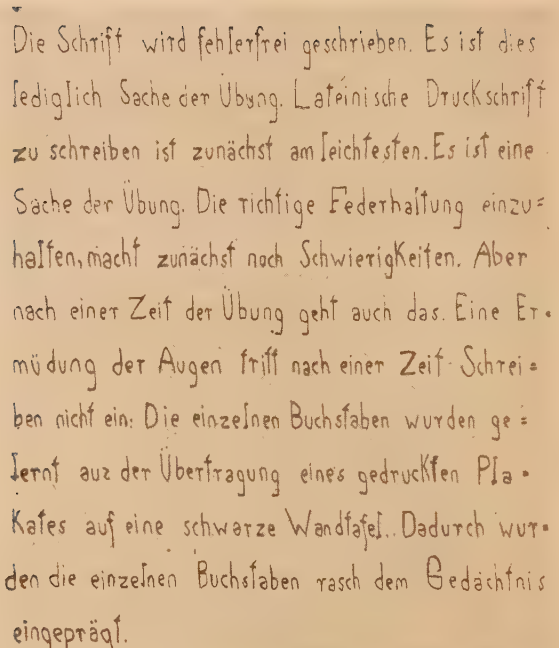

Abb. 7.

Ich komme jetzt zu dem wohl schwierigsten Versuch im umgekehrten Bilde: dem Schreiben d e u t s c h e r Schrift mit dem Federhalter. Es wird ohne weiteres einleuchten, daß gerade die deutsche Schrift mit ihren in allen Richtungen verlaufenden Bögen und Schleifen nach all dem vorher Beschriebenen die größten Anforderungen an die Erlernung im umgekehrten Bilde stellen mußte. Die richtige Federhaltung und Führung hatte ich mir daher mit Absicht vorher bei dem Schreiben der verhältnismäßig leichten lateinischen Druckschrift angeeignet. Damit fiel eine Komplikation weg. Es war mir nun von vornherein klar, daß ich nur durch systematische Übung der einzelnen Buchstaben zum Ziele gelangen konnte. Ich mußte daher, wie ein ABC-Schütze, von vorn anfangen. Es wurde eine Lesefiebel beschafft, und ich übte alle Buchstaben durch, bis ich sie einigermaßen richtig abschreiben konnte. Nachdem dies geschafft war, versuchte ich, mir die einzelnen Buchstaben zu merken und auswendig niederzuschreiben. Dies gelang besser, als ich erwartet hatte. Ich konnte nun daran gehen, Buchstaben zusammenzustellen wie z. B. e und u zu eu, e und i zu ei.

Nachdem ich mir nun nach zweitägiger Übung die Buchstaben des Alphabetes eingeprägt hatte, ging ich daran, kurze Sätze abzuschreiben. Das Ergebnis fiel überraschend gut aus, die Schrift ist gut lesbar, jedoch nahm die Schreibdauer noch unverhältnismäßig viel Zeit in Anspruch. Siehe die Abbildung 8!

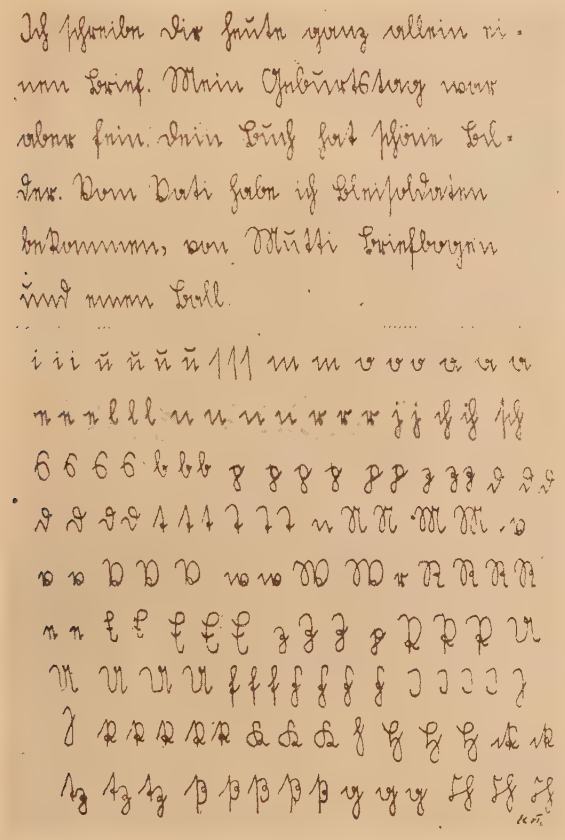

Abb. 8.

Nach weiterer Übung von 3 Tagen bereitet es keine Mühe mehr, Sätze auswendig niederzuschreiben.

Es erforderte also nur kurze Zeit, um die schwere deutsche Schrift im umgekehrten Bilde beherrschen zu lernen. Dies ist das Ergebnis einer systematisch durchgeführten Übung, die dem Gesichtssinn eine Fülle von Erfahrungen verschafft, mit Hilfe deren er sich vollkommen umzustellen vermag. Mir ist es wiederholt

passiert, daß ich, wenn ich während der Versuchstage irgendetwas im aufrechten Bilde schrieb, z. B. das lateinische s verkehrt schrieb. Ein Beweis der schon sehr weit erfolgten Umstellung!

Irgendwelche Ermüdungserscheinungen der Augen beobachtete ich während der Versuche nicht. Auch nach den Versuchen konnte ich eine Ermüdung nicht feststellen. Dagegen machte sich am Abend der Versuchstage doch eine starke Abspannung bemerkbar.

Beurteilung des Gesehenen nach der Übung.

Nachdem ich nun durch systematische Übung meine Augen an das Verkehrtsehen gewöhnt hatte und im umgekehrten Bilde — sei es im Lesen, Schreiben oder Gehen — mich genau so sicher fühlte wie im aufrechten Bilde, habe ich die eingangs beschriebenen Versuche, die sich auf die Betrachtung von Landschaften und Lebewesen beziehen, wiederholt. Der Gegensatz zwischen den Empfindungen war, nachdem mir das Verkehrtsehen als gewohnte Erscheinung eine Menge Erfahrungen vermittelt hatte, verblüffend. Ich bemerkte keine Schwankungen mehr an gehenden Menschen, so wie ich das vom Sehen mit unbewaffneten Auge her genau kannte. Ebenso verhielt es sich mit einer durch die Umkehrbrille betrachteten Landschaft. Sie sah nicht mehr wie ein plattes Bild aus, sondern war räumlich wohl geordnet. Entfernungen konnte ich mit Sicherheit abschätzen, und die Farben der Landschaft machten wieder auf mich denselben Eindruck wie im aufrechten Bilde.

Wenn ich es zuerst, wie oben erwähnt, nicht gewagt hatte, fest auf den verkehrten Fußboden zu treten, so war jetzt auch diese Scheu verschwunden, offenbar aus der Erfahrung heraus, daß der Erdboden im umgekehrten Bilde genau so fest ist, wie im aufrechten Bilde. Ich ging jetzt genau so richtig, wie wir es sonst beim Gehen gewohnt sind. Am Anfang meiner Versuche war ich, wenn ich mich z. B. in einem Zimmer bewegte, ganz unwillkürlich immer bestrebt, auf einen bestimmten festen Punkt zuzugehen und diesen zu berühren. Wollte ich z. B. an ein Fenster herantreten, in dessen Nähe ein Stuhl stand, so schritt ich zunächst auf den Stuhl zu, faßte ihn an und ging dann an das Fenster. Es ist hier also der Tastsinn, der, ob man will oder nicht will, zu Hilfe genommen wird. So gelang es mir, nach einiger Übung und nicht zuletzt vermittels des Tastsinnes die anfangs bestehende Desorientierung zu überwinden.

Schließlich brauchte ich den Tastsinn garnicht mehr in Anspruch zu nehmen, ich ging vollkommen frei und schritt ohne anzustoßen durch Türen. Selbst das Besteigen einer sehr schmalen Treppe verursachte keine Schwierigkeiten. Ich stellte in einem Raume mehrere Stühle auf und konnte in allen möglichen Richtun-

gen um sie herumgehen, ohne über einen Stuhl zu stolpern. Auch das Hinsetzen auf einen Stuhl oder eine Bank ging ohne weiteres.

Dies alles war möglich, obwohl das Blickfeld der Brille stark eingeschränkt ist, ein Umstand, der sich aus technischen Gründen nicht vermeiden ließ. Somit erscheint das mühelose Bewegen im Raume mit der Brille doppelt wertvoll. Wäre es möglich, eine verkehrtsehende Brille zu bauen, die ein nur annähernd so großes Gesichtsfeld hätte wie unsere Augen es haben, so könnte man sich selbst im dichtesten Straßenverkehr trotz umgekehrten Bildes genau so sicher bewegen, wie wir es täglich im aufrechten Bilde zu tun pflegen.

Rückblick.

In den Ergebnissen ist eine Gewöhnung an die abnorme Beziehung des Gesehenen zu den taktilen Eindrücken und somit eine allmählich immer bessere Beurteilung des optischen Bildes nicht zu verkennen.

Zu ähnlichen Ergebnissen scheint schon Stratton, allerdings bei Ausführung der Versuche nur mit einem Auge, gelangt zu sein. Seine Originalarbeit 1) war mir leider nicht zugänglich, sie ist mir nur aus zwei Referaten bekannt, die sich bedauerlicher Weise in manchen Punkten widersprechen. Die Gewöhnung war soweit gegangen, daß Stratton, nachdem er die Brille abgenommen hatte, mit dem unbewaffneten Auge angeblich eine Zeit lang überhaupt nichts mehr sehen konnte. Fröbes 2) sagt: „Nach dem Ablegen der Linse trat zuerst ein verwirrendes Aussehen der Szene ein, das mehrere Stunden dauerte. Bei Kopfbewegungen schienen die Dinge hin und her zu schwingen, was auch stundenlang andauerte. Es war aber nicht das Gefühl, daß die Dinge umgekehrt seien.“ Hamburger 3) dagegen führt an: „Das er (Stratton) nach definitiver Beendigung des Versuches die reale Welt für einige Stunden kopfstehen sah.“

Dazu muß allerdings bemerkt werden, daß Stratton mit Linsensystemen arbeitete, die nur einen kleinen Bezirk des Sehfeldes offen ließen. Der Rest wurde abgedeckt, und das andere Auge war vollständig abgeschlossen. Insofern sind also meine Untersuchungen nicht ohne weiteres mit denjengen von Stratton zu vergleichen.

---

1) Stratton, Vision without the inversion of the retinal image, Psychological Review 4, S. 342 und 463, zit. nach J. Fröbes, Lehrbuch der experimentellen Psychologie, 1916, S. 315.

2) J. Fröbes, l. c. S. 316.

3) Hamburger, Bemerkungen zu den Theorien des Aufrechtsehens. im Archiv für (Anat. u.) Physiologie, 1905, S. 402.

Ganz besonders wichtig scheint mir die Beobachtung, daß wir im umgekehrten Bild zunächst alles in einer Fläche sehen, ohne Tiefenvorstellung. Wir sind völlig desorientiert. Es ist unmöglich, eine Entfernung abzuschätzen. Dies ist daher ein einleuchtender Beweis, daß nicht alles, was zur Raumvorstellung gehört, angeboren ist. Zweifellos gibt es dabei vieles, was wir erst durch Erfahrung lernen müssen.

Übrigens war ein Umlernen in bezug auf die Stellung des Gesehenen von vornherein zu erwarten. Das tägliche Leben führt uns dies immer wieder vor Augen.

Wir lernen, uns nach unserem Bild im Spiegel rasieren, kämmen usw., obwohl wir wissen, daß dieser überall rechts und links verkehrt zeigt. Kinder, die infolge einer Wirbelsäulentuberkulose Monate lang an ein Reklinationsbett (Gipsbett) gefesselt sind, vermögen bald nach Spiegeln, die über ihrem Gesicht hängen, leichte Arbeiten auszuführen, um sich die Zeit zu verkürzen. Wir gewöhnen uns nach kurzer Übung bald daran, unter dem Mikroskop zu arbeiten und ein Präparat nach der gewünschten Seite hin richtig zu verschieben, obwohl jede Bewegung unserer Hand in übertriebener Größe und verkehrter Richtung gesehen wird. Setzer in Druckereien lesen die Spiegelschrift des Satzes fließend. Laryngologen operieren nach dem Bilde, das der Kehlkopfspiegel ihnen zeigt, der Zahnarzt bohrt mit Hilfe eines Spiegelchens die Rückseite eines Zahnes genau so sicher und exakt aus wie die Vorderseite.

Empirismus und Nativismus.

Wollen wir nun auf Grund unserer Ergebnisse die einleitend aufgeworfene Frage beantworten, dann sprechen alle meine Beobachtungen dafür, daß auch ein Mensch, bei dem das Gesehene in verkehrter Anordnung bis zu den Pforten des Bewußtseins gelangt, doch genau so sehen würde wie wir alle, trotzdem der anatomische Aufbau des nervösen Leitungsapparates derselbe bliebe. Fragen wir uns darüber hinaus, ob das Erkennen von Lagebeziehungen empiristisch oder nativistisch zu erklären ist, dann müssen wir uns eingestehen, daß die Antwort nicht in einem glatten „ja" oder „nein" bestehen kann. Denn die Dinge sind außerordentlich verwickelt.

Nehmen wir die Raumvorstellung als etwas Angeborenes an, dann ist mit dieser Vorstellung noch nicht der Begriff von „oben" oder „unten" verknüpft und ebensowenig der Begriff von der Anordnung der Details im Raume. Diese Vorstellungen werden erst durch die aus der Erfahrung geschöpfte Beziehung der äußeren Dinge zu unserem Körper gewonnen. Der gleichen Auffassung scheint auch Fröbes[1]) zu sein. Fröbes will aller-

[1]) J. Fröbes, Lehrbuch der experimentellen Psychologie, 1916, S. 314.

dings die Erfahrung nur auf das „rechts“ und „links“, „oben“ und „unten“ angewendet sehen, nicht aber auf die Form der einzelnen Objekte. Aber ich sehe keinen Grund, warum wir nicht auch die Fähigkeit, Formen zu erkennen, empiristisch erworben oder wenigstens verbessert haben können. Um darüber etwas Bestimmtes auszusagen, müßte allerdings auch diese Frage erst experimentell untersucht werden. Wie die einzelnen, auch mit anderen Sinnen wahrnehmbaren Objekte im Raum angeordnet sind, das zu erkennen dürfte also ganz allgemein auf der im individuellen Leben gewonnenen Erfahrung beruhen.

Der Säugling sieht einen Raum, oder richtiger ausgedrückt eine Fläche, denn anders als räumlich beziehungsweise flächenhaft können wir nicht sehen. Aber wie diese Fläche steht, was an ihr „oben“, was „unten“ ist, davon hat das Kind keine Vorstellung. Wahrscheinlich ist das Kind sich auch nicht darüber klar, in welcher Beziehung zueinander verschiedene in der Fläche gesehene Gegenstände angeordnet sind. Allmählich fängt der Säugling an, seinen eigenen Körper sowie Dinge der Umgebung abzutasten, und so wird das Gesichtsfeld nach dem eigenen Körper rein empiristisch geordnet.

Derselben Ansicht ist W u n d t 1). Er sagt: „Das Kind beginnt die Gegenstände zu lokalisieren, indem es Tast- und Gesichtssinn zugleich zu seiner Orientierung verwendet, und diejenige Lage, die es den einzelnen Punkten eines Gegenstandes durch seine Tasterfahrungen zu geben genötigt wird, ist maßgebend für seine Gesichtswahrnehmungen.“

Auch Z i e h e n 2) findet die Kontrolle der Tastempfindungen entscheidend, wenn er ausführt, daß wir unsere Gesichtsempfindungen so projizieren, daß sie den Tastempfindungen „konform“ bleiben; wir richten uns gewissermaßen nach den letzteren.

Genau wie das kleine Kind verhält sich der Mensch, der zum erstenmal eine Umkehrbrille trägt. Besonders hervorgehoben sei, daß bei unseren bisherigen Auseinandersetzungen auf die Tatsache, daß das Netzhautbild umgekehrt ist, gar keine Rücksicht genommen wurde. Ja nicht einmal von der Existenz eines solchen war die Rede.

Das möchte ich besonders ausdrücklich betonen, weil mancher Leser mir sonst den Vorwurf hätte machen können, daß ich eine längst überholte Frage zu beantworten suchte. Denn die meisten ernst zu nehmenden Forscher sind sich doch darüber einig,

[1]) W. Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, 1862, S. 168.

[2]) Th. Ziehen, Leitfaden der physiologisch. Psychologie, 1914, S 176/7.

daß die Frage, warum wir trotz verkehrten Netzhautbild aufrecht sehen, nicht mehr diskutiert zu werden braucht. Aber bis zu dieser Erkenntnis sind Ströme von Tinte verschrieben worden. Das ist der Grund, weshalb ich auch diese Frage beleuchten will.

Das verkehrte Netzhautbild.

Seit Kepler 1) wissen wir, daß sich die Objekte umgekehrt auf dem Augenhintergrunde, also dort, wo sich die Retina ausbreitet, abbilden. Ich stelle ausdrücklich fest: seit Kepler. Denn der Byzantiner Maurolycus 2), der in Messina lehrte, veröffentlichte zwar 1575 in seinem Werke „De lumine et umbra", daß die brechenden Medien des Auges die Lichtstrahlen konvergent machen, scheute sich aber vor dem letzten Schritt, nämlich der Feststellung eines reellen verkleinerten Netzhautbildes. Montucla 3) sagt: „daß die Schwierigkeit, wie man ungeachtet der umgekehrten Lage des Bildes die Sache aufrecht sehen könne, ihn (Maurolycus) abgehalten habe, darauf zu kommen".

Ich selbst habe als einfachstes Mittel, abnorme, beziehungsweise ungewohnte optische Bilder herzustellen, die Umkehrung des Gesehenen, also eine Aufrichtung des sonst auf dem Kopfe stehenden Netzhautbildes benützt. Somit haben also meine Versuche auch eine Beziehung zu der Tatsache, daß sich die gesehenen Dinge verkehrt auf der Netzhaut abbilden. Und das ist der Grund, weshalb ich mich veranlaßt sehe, auf den in den einleitenden Worten angedeuteten wissenschaftlichen Streit in aller Kürze etwas einzugehen.

Daß man die Objekte aufrecht sieht, ungeachtet ihre Netzhautbilder verkehrt sind, schrieb Kepler 4) der Seele zu. Die Seele dreht nach ihm das Netzhautbild um.

Der um die gleiche Zeit lebende Jesuitenpater und hervorragende Sinnesphysiologe Scheiner 5) schließt sich seiner Meinung an.

Über die Art, wie die Seele das macht, daß sie ein verkehrtes Bild aufrecht sieht, läßt sich keiner der beiden aus. Die Feststellung, daß sich die Objekte auf der Netzhaut umgekehrt abbilden, rief in der Gelehrtenwelt eine ungeheure Bestürzung hervor. So erschien vielen die ganze bisherige menschliche Erkenntnis auf den Kopf gestellt. Zunächst nahm man als selbstverständlich an: Da das Netzhautbild verkehrt ist, müßte auch alles verkehrt gesehen

[1]) J. Kepler ad Vitellionem, Paralipomena, 1604, p. 169, 285, 69-70

[2]) Aus J. Priestley, Geschichte und gegenwärtiger Stand der Optik, 1772. Aus dem Englischen übersetzt von G. S. Klügel. 1776, S. 28.

[3]) J. E. Montucla, 1725—1799.

[4]) J. Kepler ad Vitellionem, Paralipomena, 1604, p. 169.

[5]) Scheiner, Oculus, Oeniponti, 1619, p. 192.

werden. So z. B. glaubte Buffon 1), der Säugling sehe im Anfang wirklich verkehrt, lerne aber allmählich den Gesichtssinn durch den Tastsinn regulieren bzw. korrigieren. Heute nehmen wir an, daß der Säugling als Erstes weder aufrecht noch verkehrt sieht.

Der durch seine rein subjektive Auffassungsweise der Sinnentätigkeit bekannte Johannes Müller 2) schrieb unter anderem: „— — —— — —, so wird, wie das Gefühlte und Getastete, so auch das Fühlende und Tastende unseres eigenen Körpers verkehrt gesehen." So drehten sich alle Erörterungen naturgemäß darum, wie es kommt, daß die Gesichtseindrücke uns trotzdem aufrecht erscheinen.

Zu welch merkwürdigen Vorstellungen die Verlegenheit über die Tatsache, daß das Netzhautbild verkehrt ist, selbst noch im 19. Jahrhundert geführt hat, davon seien einige Beispiele erwähnt.

Plagge 3) läßt das Auge wie ein Spiegel wirken, und hält das durch Spiegelung auf der Hornhaut entstehende Bildchen für das Objekt des Sehens. Reade 4) stimmt Plagge bei und glaubt, daß die Nerven der Hornhaut das Bild auf der Hornhaut empfinden.

Auch die Erfahrungen an blindgeborenen Personen, die später durch Operation die Fähigkeit des Sehens erlangten, wollte man zur Erklärung des Aufrechtsehens benutzen. Doch schon v. Helmholtz 5) und auch später Preyer 6) maßen den Beobachtungen an blindgeborenen Menschen nicht viel Bedeutung bei. Denn in den meisten Fällen waren diese Blinden operierte Staarkranke, welche durch ihre getrübte Linse zwar außerordentlich wenig wahrnehmen können, aber doch noch die Richtung des stärkeren Lichtes zu erkennen vermögen. Ihre Netzhaut ist somit nicht ohne alle Lichteindrücke. v. Helmholtz weist daher mit Recht auf die spärlichen Fälle von angeborener Verschließung der Pupille hin 7), die hier viel wichtiger seien

Da diese sogenannten „operierten Blinden" durch ihren hervorragend ausgebildeten Tastsinn sich schon vor der Operation

---

1) Graf Buffon, französ. Naturforscher, 1707—1788.

2) Johannes Müller, Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes des Menschen u. der Tiere nebst einem Versuch über die Bewegungen der Augen und über den menschlichen Blick, 1826, S. 65.

3) Plagge, Heckers Annalen, 1830, S. 404.

4) J. Reade, Annals of philos., XV, 260.

5) H. v. Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik, Auflage 3, Band 3, 1910, S. 182 u. folgd.

6) W. Preyer, Die Seele des Kindes, 1895, S. 36.

7) J Wardrop, Case of lady born blind, who received sight at an advanced age by the formation of an artificial pupil, Phil. Trans. 3, 1826, p. 529—540.

ihre Raumwelt aufgebaut haben, sind Beobachtungen an ihnen für das Problem des Aufrechtsehens nicht zu verwerten. Es ist wohl selbstverständlich, daß diese Personen alles aufrecht sehen.

Nachdem man nun erkannt hatte, daß die Mitteilungen über Blindgeborene, die später durch eine Operation wieder in Besitz ihrer Sehkraft gelangt waren, uns nicht wesentlich weiter bringen konnten, wurden die sensationellsten Geschichten berichtet über Menschen, die tatsächlich alles verkehrt sehen sollen.

So verweist Bargy [1]) auf eine hysterische Dame, die sich bei Kerzenbeleuchtung für ihr Examen vorbereitete und die Buchstaben auf dem Kopfe stehend gesehen haben will.

Ja sogar George Sand wurde schon als Beweismittel für die Hypothese, daß wir in Wirklichkeit alles verkehrt sehen, angeführt. Sie schreibt in ihrer Lebensbeichte: „Meine Augen waren durch die vielen Nachtwachen so überreizt, daß ich alle Gegenstände verkehrt sah, und besonders diese kleinen Brücken (in Venedig) erschienen mir in umgekehrter Form."

Selbst noch heute spukt die Vorstellung, daß man von Hause aus alles verkehrt sehen müsse, in der Literatur. So berichtete erst kürzlich eine illustrierte Zeitschrift von einem Knaben in Amerika, der alles verkehrt sieht, wobei sogar das, was er sieht, als Photographie wiedergegeben wird.

Diese Fälle sind leicht zu erklären. Wenn eine hysterische Person zufällig etwas davon erfährt, daß auf der Netzhaut ein umgekehrtes Bild von den Objekten zustande kommt, dann wird sie leicht auch die Dinge verkehrt sehen. Man wundert sich nur, daß nicht mehr solcher Fälle beschrieben sind.

Der ganzen Fragestellung, die vor Jahrhunderten berechtigt erschien, liegt nach unseren heutigen Kenntnissen eine gewisse Naivität zu Grunde. Der Gedankengang war der folgende:

Von dem verkehrten Netzhautbild geht eine bestimmte Anzahl Nervenfasern in der Art zu dem percipierenden Centrum in der Großhirnrinde, daß die zugehörigen Ganglienzellen in der gleichen Richtung liegen wie das Netzhautbild, aber umgekehrt wie das Objekt. Einer der radikalsten Vertreter dieser Auffassung ist Ludwig Fick 2), wenn er sagt: ‚daß die Einpflanzung der Retinalelemente in den Leibesteil, in welchem die Seele wohnt, die umgekehrte sei als in der Retina". Er beklagt sich darüber, daß es der Wissenschaft noch nicht gelungen ist, die umgekehrte Einpflanzung der Opticusfasern direkt nachzuweisen. Dabei wird von der nicht zutreffenden Voraussetzung ausgegangen, daß ein Reiz,

[1]) Bargy, Note sur la vision à l' envers, Clinique ophth. Okt. 1916.

[2]) L. Fick, Bemerkungen zur Physiologie des Sehens. Archiv für Anatomie und Physiologie und wissenschaftliche Medizin von J. Müller, 1854.

der in der grauen Substanz „oben" gesetzt wird, auch mit dem Lokalzeichen „oben" verknüpft ist, ein Reiz, der unterhalb desselben entsteht, die gleichsinnige Empfindung auslöst.

Es ist jedoch höchst unwahrscheinlich, daß die in Erregung versetzten Stellen der Hirnrinde so liegen wie das Netzhautbild.

Mit Recht bezeichnet Lotze 1) „als Grund aller Irrtümer das Vorurteil, als läge in der wirklichen Stellung des Netzhautbildes für sich allein schon ein Motiv für die Seele, es in der gleichen Richtung wahrzunehmen". Die Lage des Netzhautbildes sei für die Seele völlig gleichgültig; denn es folgt aus ihr niemals von selbst die wahrgenommene Stellung des Empfindungsbildes.

Wenn Lotze 2) des weiteren sagt: „Daß jede Erregung eines untern Netzhautpunktes einen Einfluß ausübt, vermöge dessen das durch sie erlangte Bild sich mit einem Raumpunkte associiert, der in dem Raume des Tast- und Muskelgefühls oben ist", und daß „jede dieser Beziehungen nur durch eine bestimmt geordnete Verflechtung und Wechselwirkung einer sensiblen Netzhautfaser mit motorischen Nervenfäden hervorgebracht werden kann", so hat uns allerdings die moderne Chirurgie durch die Erfahrungen mit Prothesen gelehrt, daß eine bestimmte Bewegung des künstlichen Gliedes mit einer anderen Muskelgruppe ausgeführt wird, als vorher die gleiche Bewegung des natürlichen Gliedes. Ebenso läßt sich beobachten, daß nach einiger Zeit Muskelgruppen, die bisher als Beuger wirkten, an die Stelle der Strecker eingepflanzt, auch deren Funktion übernehmen, trotzdem die motorischen Nerven nach wie vor in der gleichen Weise mit den „sensiblen Nervenfasern der Netzhaut" verflochten sind.

Zwischen dem Objekt, das die Ursache für die Empfindung bildet, und der Empfindung selbst liegt tatsächlich ein weiter Weg. Die von einem Punkt des Objektes ausgehenden Lichtstrahlen fallen auf die vordere Hornhautfläche und werden durch die brechenden Medien des Augapfels so gebrochen, daß auf dem Augenhintergrunde ein Bildpunkt entsteht.

Dieser Teil des Weges ist rein physikalisch bedingt, wir wollen die Gesamtheit der in ihm enthaltenen Strahlen und die den Strahlengang beeinflussenden Medien mit Hering als das äußere Auge bezeichnen.

Der zweite Teil des Weges ist dadurch charakterisiert, daß die Energie des Lichtes sich umgesetzt hat in einen physiologischen Erregungszustand. Er beginnt in der Netzhaut und wird durch die Nervenfasern des Sehnerven weitergeleitet zu bestimmten

---

1) R. H. Lotze, Medicinische Psychologie, 1852, 315—319.

2) R. H. Lotze, l. c.

Bezirken der grauen Substanz. Diesen Teil der Leitungsbahn nennt Hering das innere Auge.

Das Erleben eines Gesichtseindruckes kommt zustande an der zentralen Grenze des somatischen Sehfeldes, die wir uns vorzustellen haben als einen Komplex von Ganglienzellen, die ganz bestimmt nicht flächenhaft in der gleichen Reihenfolge angeordnet sind wie die Elementarbestandteile des Netzhautbildes.

Die Vorstellung von „unten" und „oben" wird erst erworben durch den Vergleich mit anderen Erkenntnissen, wie der Körperstellung, der Schwerkraft und den verschiedenartigen Tasteindrücken.

Priestley 1) weist als erster darauf hin, daß „oben" und „unten" nur beziehende Begriffe sind, und daß „man bloß durch Gewohnheit, vermittelst vielfältig wiederholter Erfahrungen, und die Vergesellschaftung der Begriffe, das obere und untere einer Sache entscheiden lernt; wodurch man die Augen jedesmal gehörig zu richten und die Hände auszustrecken weiß."

Die Beziehung der Wahrnehmung zum Netzhautbild ist also rein empirisch.

Jetzt müssen wir uns noch befassen mit der Beziehung vom Netzhautbild zu den äußeren Dingen, also mit dem äußeren Auge.

Wenn ein sensorischer Nerv an irgend einer Stelle künstlich gereizt wird, dann empfinden wir den Reiz so, als käme er von dem Organ unseres Körpers, wo die natürliche Reizung des gleichen Komplexes von Nervenfasern angreift. Dieses Gesetz läßt sich noch weiter fassen, wenn wir beim Auge z. B. auch die Lichtstrahlen mit in den Reizverlauf einbeziehen. Und so kann festgestellt werden:

Wir verlegen einen Netzhautreiz dahin in den Raum, wo das ihn erzeugende Objekt stehen muß, wenn es sich um natürliche Reizung handelt. Das ist dadurch zu beweisen, daß auch ein künstlich durch abnorme Verhältnisse bedingter Reiz (Druckphosphen, elektrische Netzhautreizung) ebenda an der zugehörigen Stelle des Raumes, d. h. durch den Knotenpunkt projiciert gesehen wird.

Nach Volkmann 2): „mußte das Bildchen im Auge eine verkehrte Lage haben, indem jeder Netzhautpunkt seine Empfindung in gerader Linie durch den Drehpunkt des Auges nach außen projiciert". Auch dieser Zusammenhang ist empirisch erworben.

---

[1]) J. Priestley, Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik, 1776. Aus dem Englischen übersetzt von G. S. Klügel. S. 69.

[2]) A. W. Volkmann, Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes, 1836, S. 40—48.

Wenn gesagt wird, die Umkehrung des Gesehenen auf der Netzhaut ist notwendig 1), weil wir sonst nicht den Blick nach oben wenden könnten, wenn wir etwas oben sehen wollen, so wissen wir, daß auch diese Bewegungen durch Übung erworben sind. Und wenn unser Netzhautbild aufrecht stünde, dann würden wir eben einfach ganz selbstverständlich den Blick nach unten wenden, um oben zu sehen.

Wie rasch man solche Bewegungen lernt, dafür gibt es eine Menge Beispiele. Abgesehen von der schon erwähnten Umstellung beim Mikroskopieren (namentlich bei Betätigung eines Mikromanipulators), führe ich die Tatsache an, daß Menschen mit aktiv bewegbaren Prothesen rasch ein Urteil über die gänzlich neuen Bewegungen gewinnen. Tasten wir unter Ausschaltung des Gesichtssinnes einen Gegenstand nicht mit der Fingerkuppe ab wie gewöhnlich, sondern mit Hilfe eines geraden, in der Hand gehaltenen Stäbchens, dann wird das Objekt an dem Ende des Stäbchens gefühlt. Ersetzt man nun das gerade Stäbchen durch ein krummes, dann erhält man zunächst eine verkehrte Vorstellung von der Lage des Objektes. Nach kurzer Übung wird dasselbe aber auch wieder richtig lokalisiert.

Zusammenfassung des Inhaltes.

1. Durch eine in die Form einer Brille gebrachte Spiegelkonstruktion erreichte ich, daß die ganze Außenwelt auf dem Kopfe stehend gesehen wurde.
2. Nach allmählicher Gewöhnung konnte ich trotz der Umkehrung immer mehr von dem Gesehenen verwerten.
3. Während die Bewegungen der verkehrt gesehenen Personen und Tiere zuerst ein ungewohntes, uns fremd anmutendes Aussehen zeigten, erscheinen sie allmählich immer natürlicher.
4. Ein analoges Verhalten ließ sich auch für Landschaften feststellen.
5. Desgleichen war es anfangs nicht möglich, eine Schrift zu lesen oder sie gar abzuschreiben, ebensowenig ein Bild abzuzeichnen.
6. Auch diese Fähigkeiten wurden durch Übung rasch erworben.
7. So beweisen die gewonnenen Ergebnisse, daß für einen großen Teil der räumlichen Wahrnehmungen die empiristische Theorie die maßgebende ist.
8. Die gleichen Ergebnisse lassen sich aber auch als neuer Beweis dahin verwerten, daß es für das richtige Erkennen keine Rolle spielt, ob das Netzhautbild aufrecht, verkehrt oder gar liegend gesehen wird.

[1]) R. H. Lotze, Medicinische Psychologie, 319.

Die Anregung zu dieser Arbeit verdanke ich Herrn Prof Basler. Ich möchte deshalb nicht versäumen, Herrn Prof. Basler auch an dieser Stelle herzlich zu danken für das außerordentliche Interesse, das er stets meinen Versuchen entgegenbrachte, und für die Leitung der Arbeit.

Lebenslauf.

Verfasser dieser Arbeit, Udo Krüger, wurde am 15. 9. 1911 als Sohn des Superintendenten Max Krüger in Görlitz geboren. Nachdem ich auf der Seminarübungsschule zu Sagan meine Grundschulbildung erhalten hatte, besuchte ich das humanistische Gymnasium in Sagan, an welchem ich im Februar 1932 die Reifeprüfung ablegte. Anschließend studierte ich vom 15. 4. 1932 bis zum Juli 1937 an der Schlesischen Friedrich-Wilhelm-Universität in Breslau Medizin. Ich beendete mein Studium mit dem medizinischen Staatsexamen am 25. 2. 1938. Vom 1. 3. 1938 bis 28. 2. 1939 war ich als Medizinalpraktikant auf der inneren und Augenabteilung des Krankenhauses Bethesda in Breslau tätig. Vom 14. 4. 1939 bis 1. 8. 1939 beschäftigte ich mich im Arbeitsphysiologischen Institut der Universität Breslau mit vorliegender Arbeit. Anschließend übte ich Vertretung von praktischen Ärzten aus. Seit dem 2. 9. 1939 bin ich laut Mobilmachungsbefehl dem St. Joseph Krankenhaus in Breslau zugewiesen und arbeite auf der chirurgischen Abteilung.